

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

**Elektricky polohovatelné sedadlo**

**Electrically adjustable seat**

Student:

Bc. Jaroslav Palička

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

Konzultant diplomové práce:

Ing. Adam Honěk

Ostrava 2017

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jaroslav Palička**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T013 Robotika  
Téma: Elektricky polohovatelné sedadlo  
Electrically Adjustable Seat  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

- 1) Analyzujte současný stav konstrukce elektricky polohovatelného sedadla vyráběného ve firmě BORCAD. Pro analýzu využijte principy metody TRIZ.
- 2) Na základě provedené analýzy vytvořte požadavkový list, respektujte požadavky konzultanta z firmy BORCAD.
- 3) Navrhněte varianty řešení a vyberte optimální variantu.
- 4) Optimální variantu podrobně zpracujte, doložte potřebnými výpočty a výkresovou dokumentací, podle pokynů konzultanta a vedoucího práce.
- 5) Proveďte ekonomické hodnocení
- 6) V závěru diplomové práce zhodnoťte dosažené výsledky.

Práci též doložte v elektronické podobě, ve formátu editoru MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

### Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. [online] [cit. 2013-11-07]. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace>](http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace)
- [2] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [3] ISO 690. *Bibliografické citace: Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [4] SKAŘUPA, J. *Kreativita a inovační myšlení v konstruování*. [online] 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. [cit. 2013-11-07]. 230 s. ISBN 978-80-248-1717-0. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/files/resources/kreativita\\_a\\_inovace.pdf>](http://robot.vsb.cz/files/resources/kreativita_a_inovace.pdf)
- [5] Obecná ustanovení o osobních vozidlech. In: *UIC CODE 576*. 2004
- [6] Pevnostní výpočty vozidel. In: *UIC CODE 566*. 2000

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.**

Konzultant diplomové práce: Ing. Adam Honěk

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



prof. Dr. Ing. Petr Novák  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 15. 5. 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Palička', is written over a faint, light blue rectangular grid background.

## Prohlašuji, že

- jsem celou diplomovou práci, včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3)
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce, souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách) ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby

V Ostravě dne 15. 5. 2017



Jaroslav Palička

Ztracená 219/12

724 00, Ostrava - Proskovice

# ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PALIČKA, Jaroslav. *Elektricky polohovatelné sedadlo*. Ostrava, 2017. 68 s. Diplomová práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky.

Vedoucí práce doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

Konzultant práce Ing. Adam Honěk

Práce se zabývá modifikací konstrukce elektricky polohovatelného sedadla, za účelem zjednodušení výroby, snížení výrobních časů a především eliminace nedostatků, způsobujících nežádoucí problémy. V úvodní části je analyzován současný stav sedadla a rozbor vhodných úprav s požadavky na budoucí sedadlo. Varianty řešení byly vypracovány za použití metodiky TRIZ. Vybraná optimální varianta byla dále zpracována, byla detailně navržena nová konstrukce sedadla, včetně kontrolních výpočtů kritických uzlů konstrukce, pro celé sedadlo byl vytvořen detailní model v systému CREO. Konstrukce sedadla byla nakonec zkontrolována pevnostní analýzou za pomoci MKP. Souběžně s vypracováváním této práce byl zkonstruován prototyp reálného sedadla.

## ANNOTATION OF THESIS

PALIČKA, Jaroslav. *Electrically adjustable seat*. Ostrava, 2015. 68 p. Master thesis. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of robotic.

Head of the thesis doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

Consultant of the thesis Ing. Adam Honěk

The thesis deals with the modification of the electrically adjustable seat design. In the introductory section, the current state of the seat is analyzed and an analysis of suitable adjustments with the requirements for a future seat. Variants of the solution were developed using the TRIZ methodology. The new seat design was designed in detail, including control calculations and detailed model in the CREO system was created for the entire seat. The design of the seat was checked by strength analysis using MKP. In same time with the elaboration of this work, a real seat prototype was constructed.

## Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	8
1 Úvod .....	10
2 Požadavkový list.....	11
3 Varianty řešení.....	12
3.1 TRIZ.....	12
3.2 Varianta A .....	16
3.3 Varianta B .....	18
3.4 Varianta C .....	19
3.5 Výběr vhodné varianty .....	21
3.6 Podrobnější popis zvolené varianty .....	25
4 Návrh sedadla .....	26
5 Pevnostní kontrola .....	27
5.1 Pevnostní analýza.....	27
6 Hmotnostní srovnání .....	28
7 Ekonomické hodnocení .....	29
8 Závěr.....	30
Použité zdroje .....	33
Přílohy.....	35

## Seznam použitých zkratek a symbolů

Značka	Význam	Jednotka
<i>CREO</i>	3D CAD systém	
<i>D</i>	vnější průměr nosníku	[mm]
<i>F</i>	síla	[N]
<i>F<sub>0</sub></i>	síla kolmá k ose šroubu	[N]
<i>F<sub>4</sub></i>	síla zátěže	[N]
<i>F<sub>6</sub></i>	zatěžující síla dle normy Grula	[N]
<i>F<sub>m</sub></i>	síla motoru	[N]
<i>G</i>	gravitační tíha	[N]
<i>Grula</i>	norma německých drah pro pevnostní zkoušky	
<i>KM</i>	koncová matice	
<i>L<sub>4</sub></i>	délka k síle	[mm]
<i>L<sub>m</sub></i>	délka k motoru	[mm]
<i>MKP</i>	metoda konečných prvků	
<i>M<sub>0</sub></i>	ohybový moment	[Nmm]
<i>S</i>	plocha dřívku šroubu	[mm <sup>2</sup> ]
<i>Tech Optimizer</i>	program využívající metodiky TRIZ	
<i>TRIZ</i>	invenční metodika	
<i>U</i>	elektrické napětí	[V]



$I$	elektrický proud	[A]
$P$	výkon	[W]
$T$	tah motoru	[N]
$U$	elektrické napětí	[V]
$W_o$	Modul průřezu v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$d$	vnitřní průměr nosníku	[mm]
$d_I$	průměr dřívku šroubu	[mm]
$f$	frekvence	[Hz]
$l$	poloha zatěžující síly dle normy Grula	[mm]
$m$	hmotnost	[kg]
$p$	tlak	[kPa]
$\sigma_d$	maximální dovolené napětí	[MPa]
$\sigma_{Dt}$	dovolené tahové napětí	[MPa]
$\sigma_o$	ohybové napětí	[MPa]
$\tau_{Ds}$	dovolené stříhové napětí	[MPa]
$\tau_s$	stříhové napětí	[MPa]

## 1 Úvod

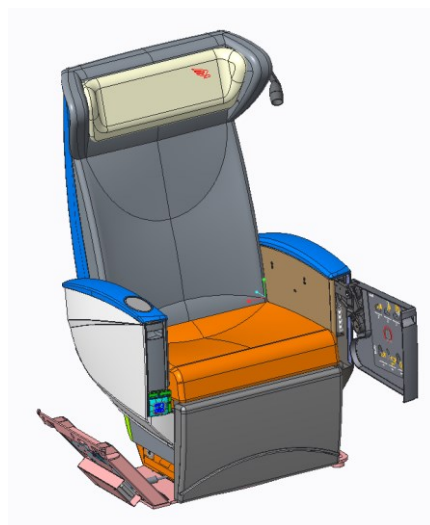
Cílem této práce je modifikace konstrukce elektricky polohovatelného sedadla. Z důvodu vysokého zatížení mechanismu, způsobeného spřažením pohybů více celků, je potřeba nahradit motor posuvu, více motory a oddělit jednotlivé pohyby (sklápění opěráku, pokles sedáku a vyklápění podnožního dílu). Z toho plyne kompletní změna mechanismů v sedadle. Jednoduchost ovládání těchto pohybů uživatelem by měla být zachována.

Dalším cílem je zjednodušení celé konstrukce a snížení výrobních časů, zejména svařování. Nyní je tvořena ohýbanými a svařovanými plechovými výpalky. Což je sice poměrně levná, ale značně časově náročná technologie. V nové konstrukci je potřeba maximálně využít řezaných a pálených profilů.

Nová konstrukce sedadla musí být vytvořena s ohledem na zajištění maximální možné tuhosti celého sedadla tak, aby bylo zamezeno volným pohybům a popřípadě vibracím. Na sedadle musí být zachovány veškeré vnější tvary, krytování, čalounění a kinematika s rozsahy pohybů. Inovované sedadlo by bylo vhodné vybavit také vyhříváním sedáku. Dalším vhodným doplňkem by mohla být lampička, která by se při sklápění opěráku automaticky sklápěla, aby neoslňovala naproti sedícího cestujícího, ale aby svítila stále do místa středu vyklopeného stolku. Další částí vhodnou pro úpravy je bočnice s monitorem, kde by bylo vhodné nahradit stávající mechanismus jednodušším mechanismem s monitorem na výklopném rameni.



Obr. 1.1 Sedadlo



Obr. 1.2 Model sedadla

## 2 Požadavkový list

### Obecné požadavky

- Nahradit stávající jeden motor více menšími motory
- Zjednodušit konstrukci
- Zachovat vnější tvary, krytování a čalounění
- Zachovat kinematiku a rozsahy pohybů
- Jednoduché ovládání pomocí daného ovladače (10 tlačítek)
- Minimální možná hmotnost
- Zamezit „viklání“ sedadla (vyšší tuhost)

### Další požadavky

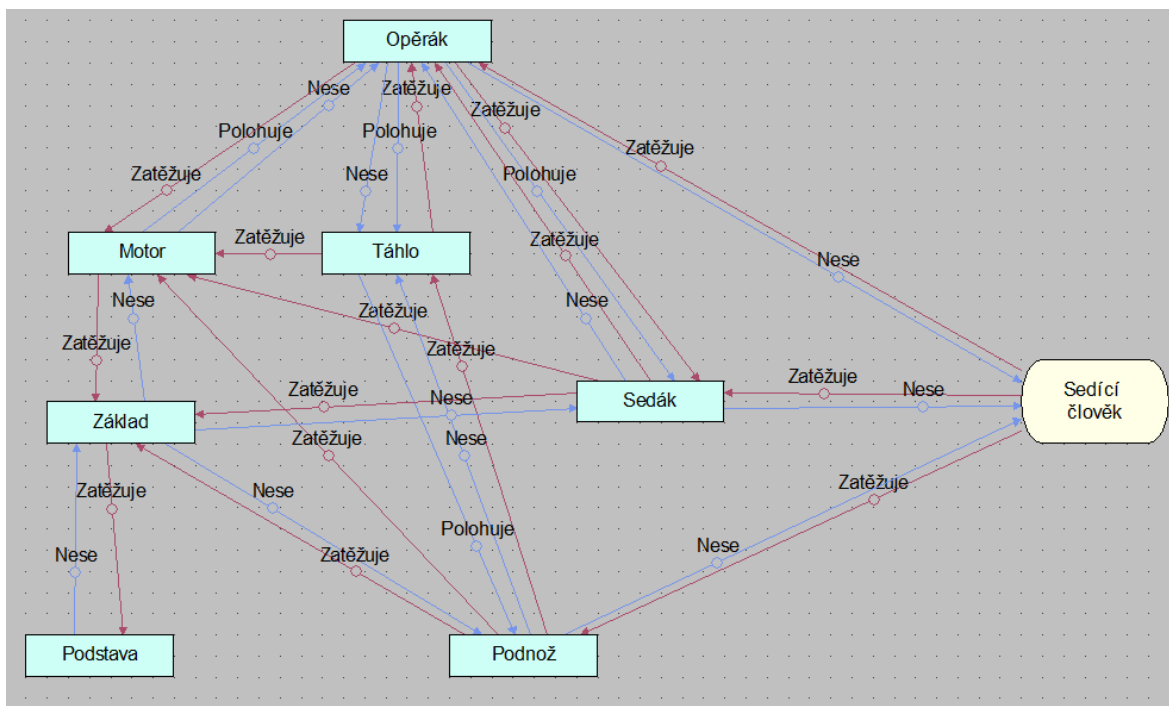
- Přepracovat výsuvný monitor na výklopnou verzi
- Adaptivní světlo – zajistit, aby světlo na boku podhlavníku při sklopení neoslňovalo lidi sedící naproti
- Vyhřívání

### 3 Varianty řešení

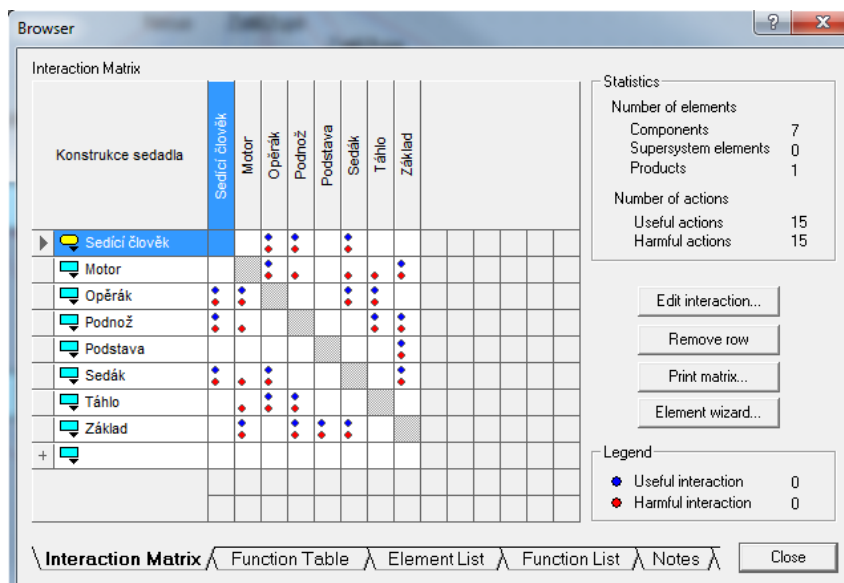
Pro vytvoření a výběr varianty bylo použito metody TRIZ, byly vytvořeny a porovnány tři varianty řešení. Dále byla volba varianty potvrzena více kritériální analýzou.

#### 3.1 TRIZ

Pro TRIZ bylo využito programu tech optimizer. Na obrázku níže je zjednodušený model sedadla s užitečnými a škodlivými reakcemi.



Obr. 4.1 Model původního sedadla



Obr. 4.2 Porovnání reakcí

Trimming: Component Evaluation

Function rank | Problem rank | Component cost

Rank the function for each component

Component	Function rank
Opirák	10.00
Sedák	7.50
Podnož	6.25
Základ	6.25
Podstava	3.33
Táhlo	2.50
Motor	5.00

10 - most functional, 0 - least

Reset

Help Store... Cancel < Back Next > Finish

Obr. 4.3 Funkčnost jednotlivých částí

Trimming: Component Evaluation

Function rank | Problem rank | Component cost

Rank the problem for each component

Component	Problem rank
Opirák	6.67
Sedák	10.00
Podnož	10.00
Základ	3.33
Podstava	0.00
Táhlo	6.67
Motor	5.00

10 - largest problem, 0 - smallest

Reset

Help Store... Cancel < Back Next > Finish

Obr. 4.4 Problémovost jednotlivých částí

Trimming: Integrated Component Evaluation

Choose the component you want to trim

Component	Possible Trimming Order	Trimming Factor $F \cdot F / (P + C)$
Táhlo	1	0.54
Motor	2	1.67
Podnož	3	3.55
Sedák	4	5.11

Show details

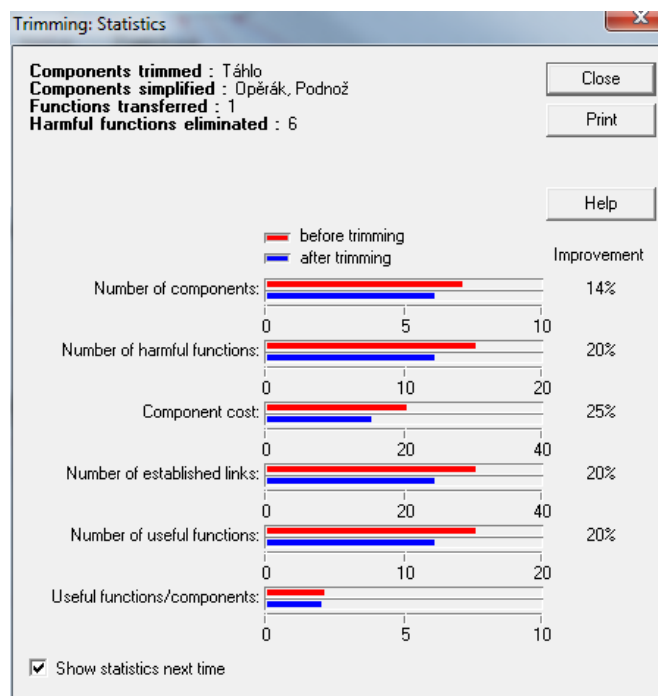
Táhlo is recommended for trimming. If the component Táhlo is trimmed, 25.00% of the object cost will be saved.

F - function rank;  
P - problem rank;  
C - cost.  
With the Trimming factor =  $F \cdot F / (P + C)$ , it is difficult to trim component with high value of F (first factor). It is not recommended to trim component with a high value  $F / (P + C)$  (second factor).

Help Store... Cancel < Back Next > Finish

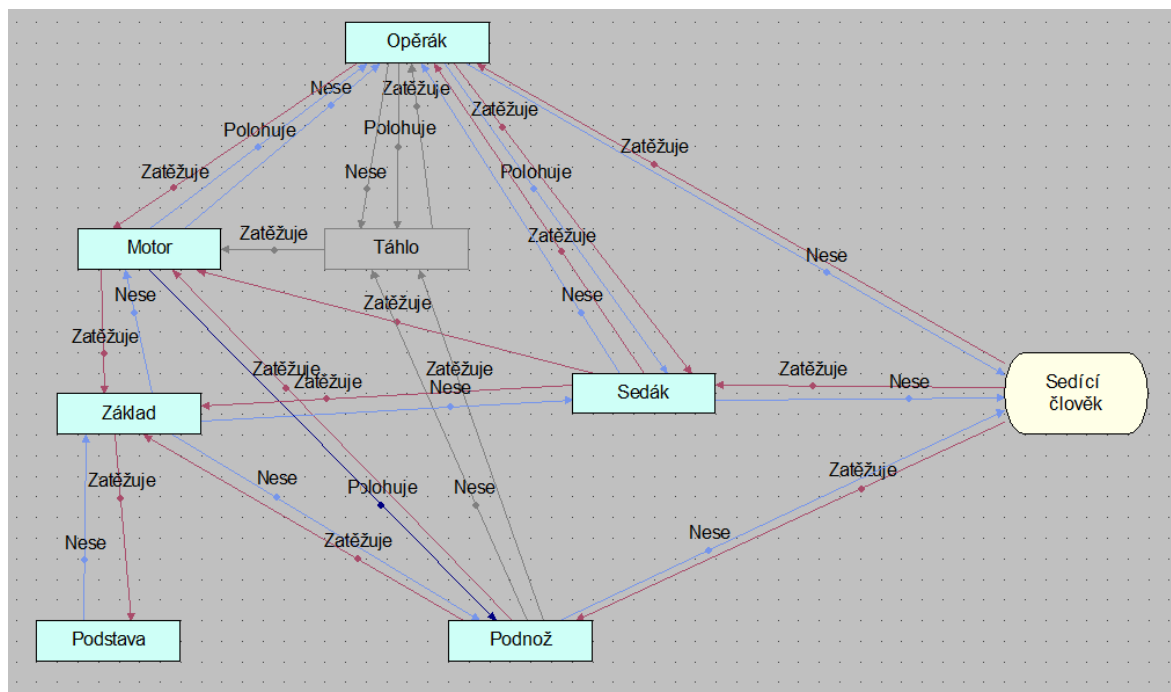
Obr. 4.5 Trimování

Z tabulky určující vhodnost prvků k trimování bylo určeno, že je vhodné provést trimování táhla a motoru.



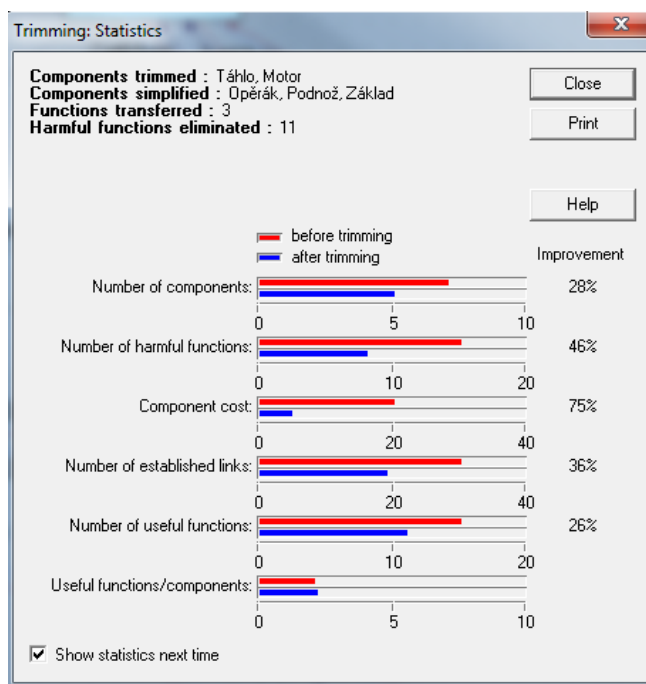
Obr. 4.6 Výsledky trimování

Při prvním trimování bylo odstraněno táhlo a jeho funkce byla převedena.



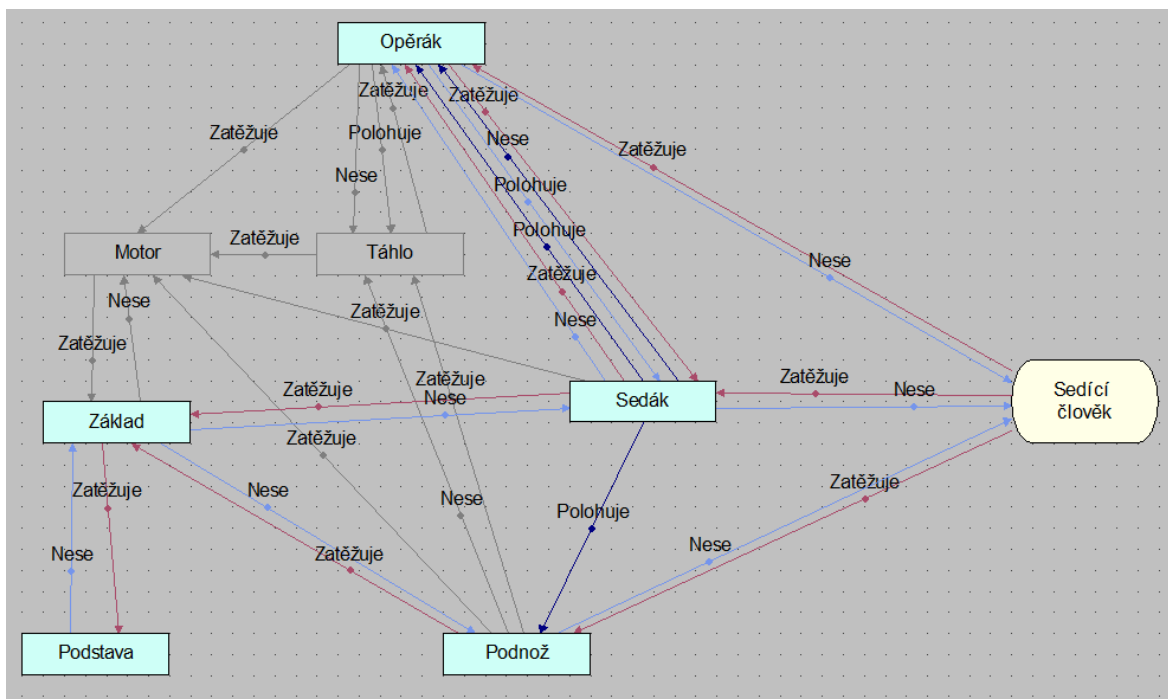
Obr. 4.7 Model po prvním trimování

Pro dosažení optimálních výsledků bylo provedeno druhé trimování.



Obr. 4.8 Výsledky druhého trimování

Při druhém trimování byl odstraněn motor, jeho funkce bude potřeba nahradit.



Obr. 4.9 Výsledný model po trimování

Z modelu po trimování byly vypracovány tři varianty řešení.

### 3.2 Varianta A

Ve variantě A byl zvolen pro každý pohyb vlastní motor. Pro sklápění opěráku motor M1, pro polohování sedáku motor M2 a pro vyklápění podnožního dílu motor M3. Díky rozložení sil mezi více motorů a ideálního uložení motoru vzhledem k potřebnému směru působení síly bude možno použít kompaktnější typ motorů.

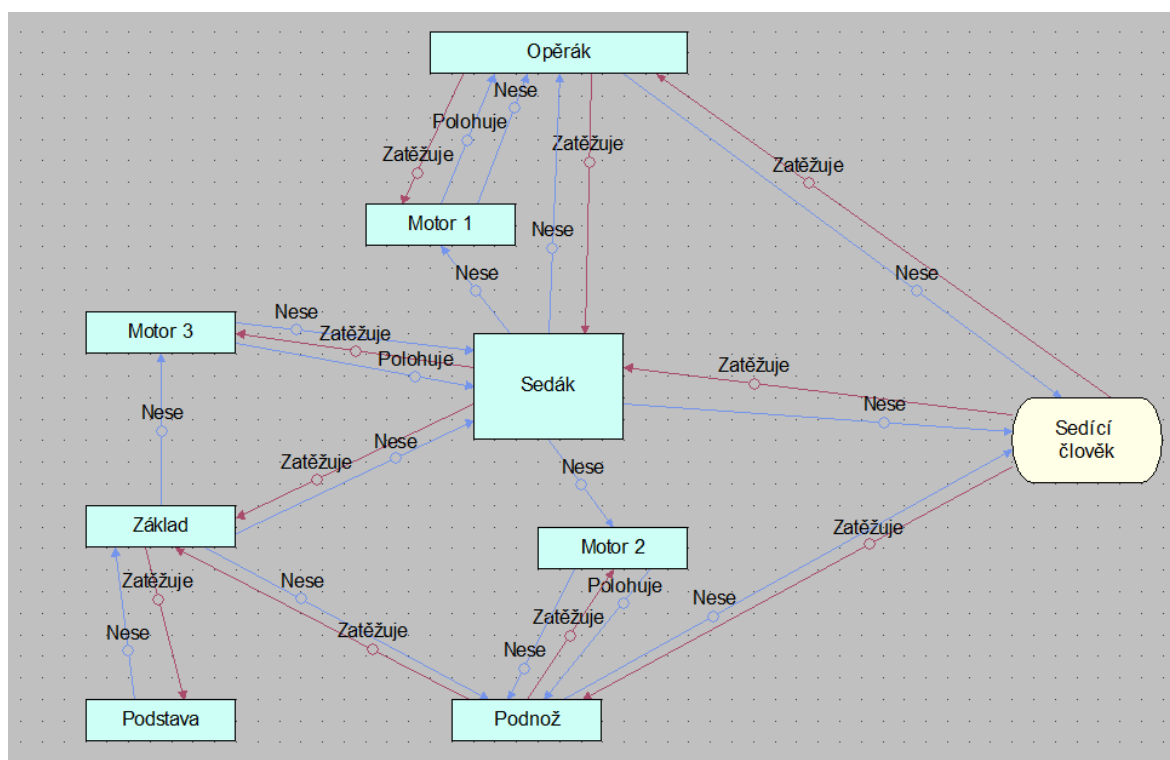
*Obrázky modelu jsou neveřejné.*

#### Výhody:

- Menší zatížení motorů
- Vysoké rozsahy pohybů nad rámec dané kinematiky

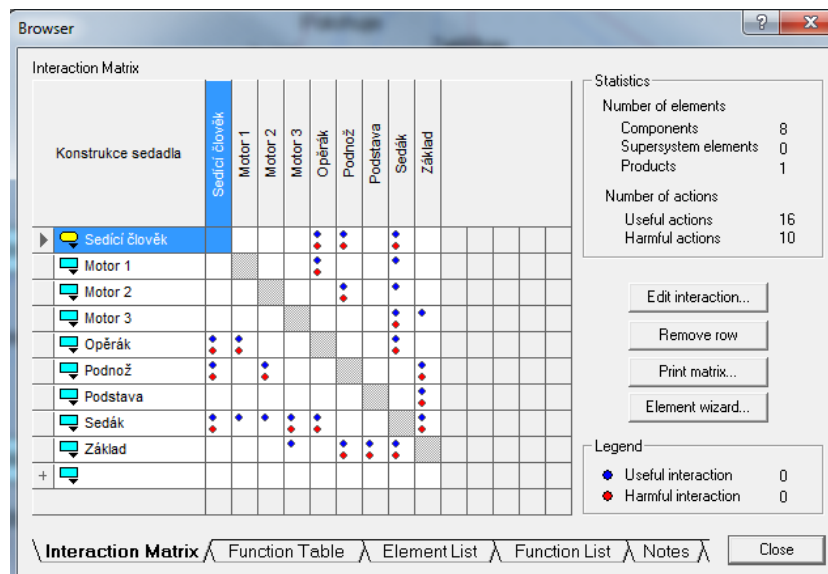
#### Nevýhody:

- Málo vnitřního prostoru
- Vyšší cena o jeden motor
- Složitější řízení



Obr. 4.13 Model varianty A





Obr. 4.14 Reakce

Tento model má 16 užitečných a 10 škodlivých reakcí.

### 3.3 Varianta B

Ve variantě B byl zvolen společný motor pro pokles sedáku a sklápění opěráku M1. Posloupnost pohybů tak, aby nejdříve poklesl sedák a až následně se začalo sklápět opěradlo, je zajištěno segmentem udávajícím přesnou dráhu pohybu čepu pístnice motoru. Největším problémem pro jeden motor je vyklápění podnožního dílu, kdy je konstrukce motoru zatěžována nejvíce. Tudiž je v této variantě daný pohyb realizován pouze svým motorem M3.

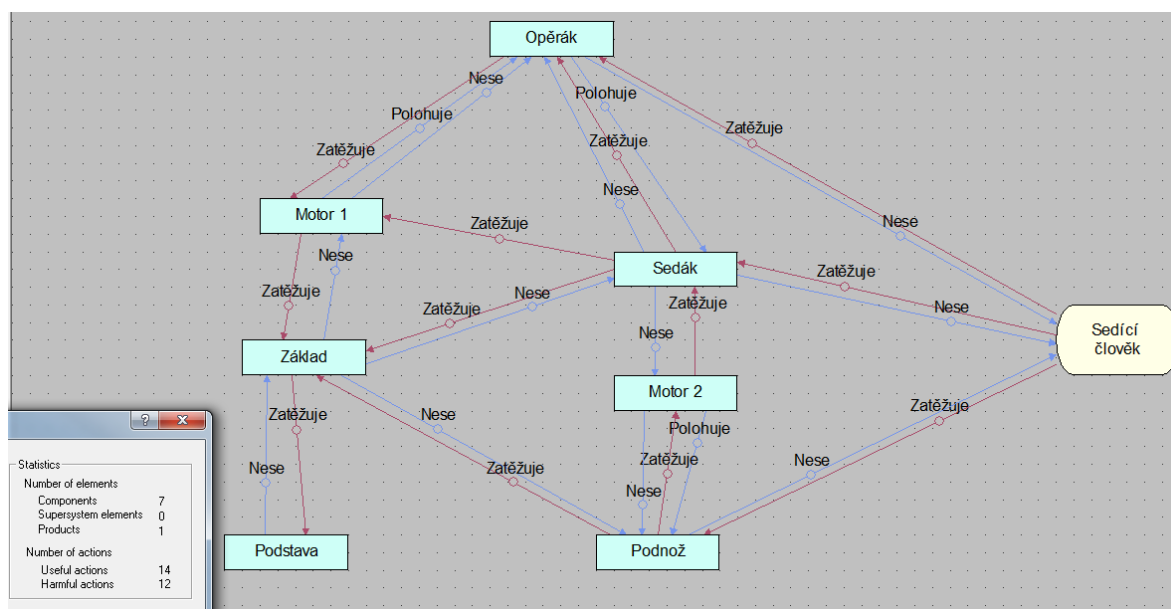
*Obrázky modelu jsou neveřejné.*

#### Výhody:

- Nižší cena o jeden motor
- Jednodušší řízení

#### Nevýhody:

- Složitá konstrukce
- Nutno zajistit postupný chod pohybů
- Vysoké a nerovnoměrné zatížení motorů



Obr. 4.19 Model varianty B

Tento model má 14 užitečných a 12 škodlivých reakcí.

### 3.4 Varianta C

Ve variantě C byl pro srovnání složitosti a výhod vynechán polohovatelný sedák, který je zde fixní, a polohování opěráku a podnožního dílu je odděleno a poháněno každé vlastním motorem. Pro polohování opěráku byl zvolen motor M1 a pro podnožní díl motor M3.

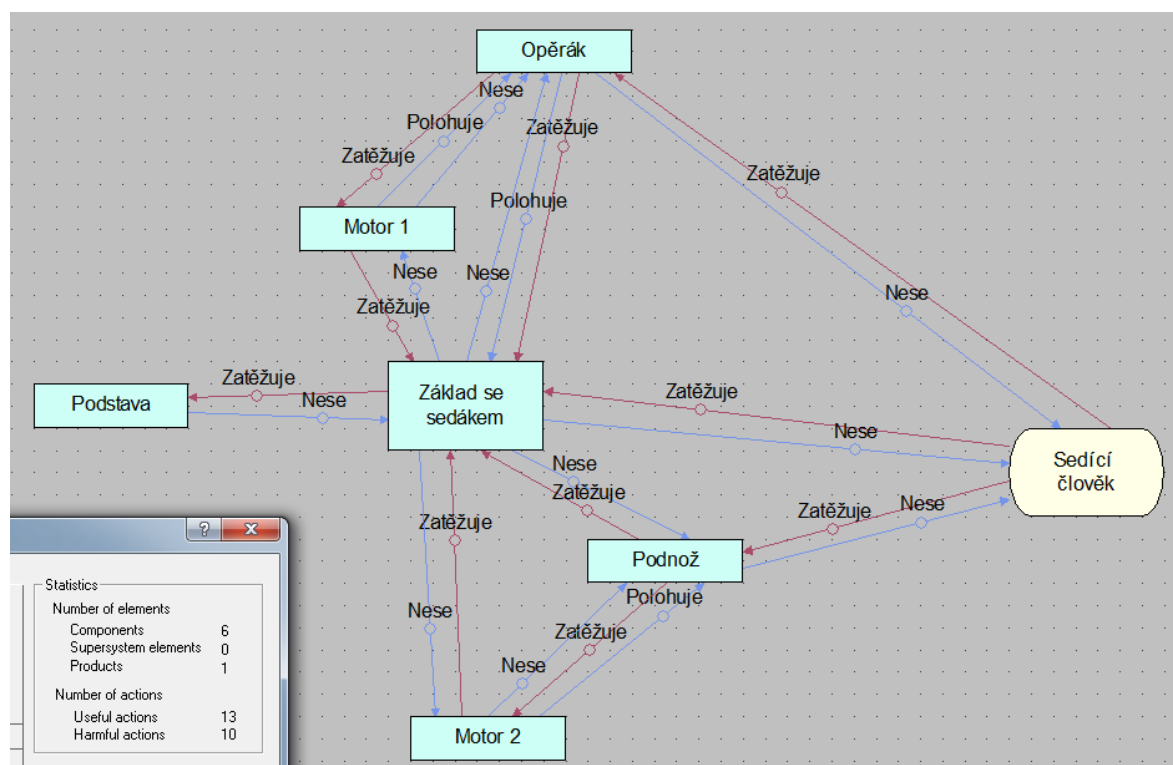
*Obrázky modelu jsou neveřejné.*

#### Výhody:

- Jednoduchá konstrukce
- Nižší cena motorů a konstrukce

#### Nevýhody:

- Nedodržení kinematiky



Obr. 4.21 Model varianty C

Tento model má 13 užitečných a 10 škodlivých reakcí.

Optimální varianta byla vybrána s ohledem na poměr užitečných a škodlivých reakcí. Ze statistik lze vidět, že při porovnání škodlivých a prospěšných reakcí vychází nejlépe varianta A.

### 3.5 Výběr vhodné varianty

Volba kritérií		
Označení kritéria	Kritérium	Charakteristika kritéria
K1	Kinematika	Dodržení rozsahů pohybů
K2	Spolehlivost	Zvážení spolehlivosti vzhledem k celkové konstrukci
K3	Konstrukce	Složitost konstrukce
K4	Náklady	Náklady na konstrukci, motory a elektroniku
K5	Motory	Charakter zatížení motorů
K6	Kombinace pohybů	Kombinace jednotlivých pohybů
K7	Montážní náročnost	Náročnost na montáž a demontáž a případné opravy
K8	Rovnoměrnost pohybů	Rovnoměrná rychlost polohování

Tab. 4.1 Volba kritérií

#### Hodnocení kritérií

Hodnocení 1 – 5 (optimální → 5; nevyhovující → 1)

Kritérium	Varianta A	Varianta B	Varianta C
K1 - Kinematika	5	3	1
K2 - Spolehlivost	4	3	5
K3 - Konstrukce	5	2	5
K4 - Náklady	3	4	5
K5 - Motory	5	2	5
K6 - Kombinace pohybů	5	3	2
K7 - Montážní náročnost	4	3	5
K8 - Rovnoměrnost pohybů	5	3	5

Tab. 4.2 Číselné hodnocení kritérií

## Určení významnosti kritérií

Porovnávání páry kritérií							Počet voleb v	Pořadí	Váha významnosti q
K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	6,5	1	2
K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8			
	K2	K2	K2	K2	K2	K2	5,5	2	1,85
	K3	K4	K5	K6	K7	K8			
	K3	K3	K3	K3	K3	K3	4,5	3	1,69
		K4	K5	K6	K7	K8			
	K4	K4	K4	K4	K4	K4	3	5	1,46
		K5	K6	K7	K8				
	K5	K5	K5	K5	K5	K8	4	4	1,62
		K6	K7	K8					
	K6	K6	K6	K6	K6	K8	0,5	8	1,08
		K7	K8						
	K7	K7					1,5	7	1,23
		K8					2,5	6	1,38

Tab. 4.3 Významnost kritérií

## Zhodnocení první varianty

Kritérium	Varianta A			
	Hodnota	Váha významnosti q	Index změny	Vážený index kritéria
K1	5	2	5	10
K2	4	1,85	4	7,4
K3	5	1,69	5	8,45
K4	3	1,46	3	4,38
K5	5	1,62	5	8,1
K6	5	1,08	5	5,4
K7	4	1,23	4	4,92
K8	5	1,38	5	6,9
Celkový součet vážených indexů				55,55

Tab. 4.4 Hodnocení první varianty

**Zhodnocení druhé varianty**

<b>Kritérium</b>	<b>Varianta B</b>			
	<b>Hodnota</b>	<b>Váha významnosti q</b>	<b>Index změny</b>	<b>Vážený index kritéria</b>
<b>K1</b>	3	2	3	6
<b>K2</b>	3	1,85	3	5,55
<b>K3</b>	2	1,69	2	3,38
<b>K4</b>	4	1,46	4	5,84
<b>K5</b>	2	1,62	2	3,24
<b>K6</b>	3	1,08	3	3,24
<b>K7</b>	3	1,23	3	3,69
<b>K8</b>	3	1,38	3	4,14
<b>Celkový součet vážených indexů</b>				<b>35,08</b>

Tab. 4.5 Hodnocení druhé varianty

**Zhodnocení třetí varianty**

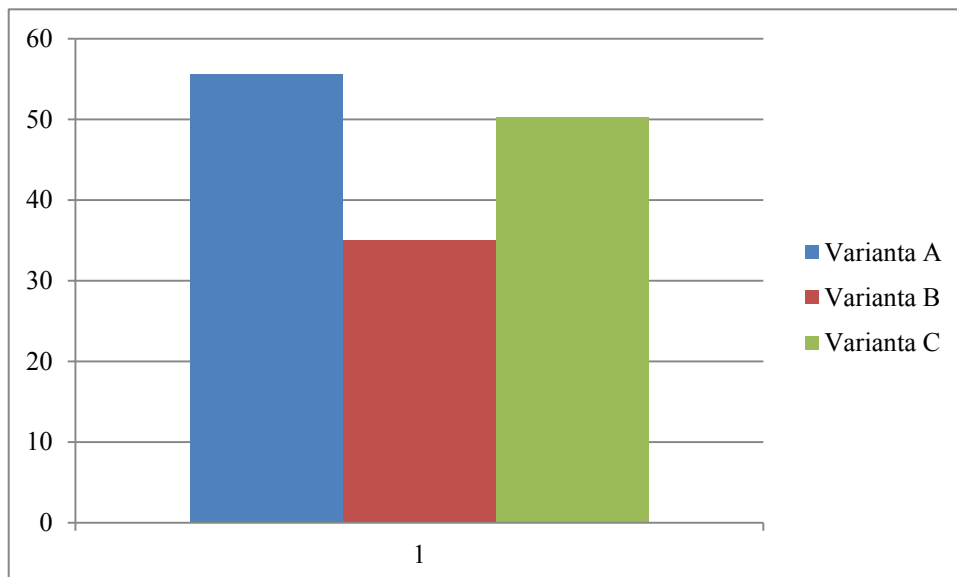
<b>Kritérium</b>	<b>Varianta C</b>			
	<b>Hodnota</b>	<b>Váha významnosti q</b>	<b>Index změny</b>	<b>Vážený index kritéria</b>
<b>K1</b>	1	2	1	2
<b>K2</b>	5	1,85	5	9,25
<b>K3</b>	5	1,69	5	8,45
<b>K4</b>	5	1,46	5	7,3
<b>K5</b>	5	1,62	5	8,1
<b>K6</b>	2	1,08	2	2,16
<b>K7</b>	5	1,23	5	6,15
<b>K8</b>	5	1,38	5	6,9
<b>Celkový součet vážených indexů</b>				<b>50,31</b>

Tab. 4.6 Hodnocení třetí varianty

<b>Určení výsledné optimální varianty</b>		
<b>Pořadí</b>	<b>Celkový součet vážených indexů</b>	<b>Varianta</b>
1	55,55	<b>Varianta A</b>
3	35,08	Varianta B
2	50,31	Varianta C

Tab. 4.7 Výsledná optimální varianta

Pomocí více kriteriální analýzy jsem zvolil za optimální řešení variantu A, což je varianta se třemi motory. Varianta A také vyšla jako optimální za použití metodiky TRIZ. Tuto variantu si také volím pro řešení diplomové práce.



Obr. 4.22 Vyhodnocení více kriteriální analýzy



### **3.6 Podrobnější popis zvolené varianty**

Koncepce nového sedadla je řešena separovanými pohyby, kdy polohování všech tří částí, tj. sedáku, opěráku a podnože, je poháněno každé vlastním motorem. Synchronizace chodu motorů je řešena elektronicky řídicí jednotkou.

*Obrázky modelu jsou neveřejné.*

## 4 Návrh sedadla

Konstrukční návrh sedadla s ohledem na požadavky. Kinematika a rozsahy pohybů sedáku a opěráku byly plně zachovány, podnožní díl se vyklápí o  $6^\circ$  méně. Čalounění a krytování bylo zachováno beze změn. Konstrukce byla zjednodušena a vyztužena.

*Obrázky modelu a popis konstrukce jsou neveřejné.*

## 5 Pevnostní kontrola

### 5.1 Pevnostní analýza

Vhodně upravený model konstrukce spolu s podrobnými informacemi a požadavky byl předán výpočtáři a za průběžných konzultací byla provedena pevnostní analýza pomocí metody konečných prvků. K analýze byl použit program Patran.

*Obrázky modelu jsou neveřejné.*

Z výsledků analýzy vyplývá, že při zatížení silou  $F_1$  dochází k napětovým špičkám pouze v místech ostrých rohů a přechodů vlivem koncentrace napětí. Napětí v žádném z dílů nepřekračuje mez kluzu materiálu daného dílu. Celková konstrukce tedy obstála bez větších potíží.

*Obrázky modelu jsou neveřejné.*

Při zatížení silou  $F_6$  došlo již k nadlimitnímu napětí ve svařencích sedáku a opěráku a to především v místě propojení sedáku s opěrákem. Hodnoty napětí jsou nad mezí kluzu daného materiálu, proto bude potřeba tyto díly do budoucna upravit. Ve svařencích podstavy a základny se vzniklé napětí pohybuje mírně nad mezí kluzu, k nadměrnému napětí převyšující mez pevnosti zde nedošlo. Detailnější obrázková dokumentace z analýzy se nachází v příloze.

*Obrázky modelu jsou neveřejné.*

## 6 Hmotnostní srovnání

Provedeno bylo také srovnání hmotností konstrukce původního a modifikovaného sedadla. Do tohoto srovnání nebylo započteno krytování, čalounění a komponenty, které zůstaly nezměněny.

*Obrázky modelu jsou neveřejné.*

Hmotnosti samostatné konstrukce byly vypočteny 32,88 kg pro původní sedadlo a 18,9 kg pro modifikované sedadlo. To znamená, že se podařilo ušetřit 13,98 kg ocelového materiálu. Dále, pro zjištění rozdílu celkových hmotností sedadel, bylo potřeba připočítat komponenty jako motory, táhla, plynovou pružinu a podnožní díl. Po připočtení hmotností zbylých vyměněných komponentů, byla vypočtena hmotnost 41,78 kg u původního sedadla a 27,3 kg u modifikovaného, takže celková hmotnostní úspora je 14,48 kg.

## **7 Ekonomické hodnocení**

Vzhledem ke skutečnosti, že veškeré krytování a čalounění bylo ponecháno beze změn, tak se konečná kalkulace vztahuje pouze na porovnání původní a modifikované vnitřní konstrukce sedadla osazeného motory a zbylými komponenty, které byly měněny. Kalkulace byla provedena za první vzhledem k nákladům na materiál a za druhé vzhledem k celkovým výrobním časům. Výsledkem provedené kalkulace je úspora přibližně 8% na nákladech na materiál a 36% úspora na výrobních časech.

## 8 Závěr

Cílem diplomové práce bylo modifikovat konstrukci elektricky polohovatelného sedadla za účelem zjednodušení výroby, snížení výrobních časů a nákladů a především eliminace problémů způsobených složitými mechanismy. Na začátku práce byla provedena analýza současného stavu sedadla a rozbor možných úprav s požadavky na budoucí sedadlo. Hlavní změnou bylo nahrazení současného jednoho motoru. Na základě konzultací ve firmě Borcad byl vypracován požadavkový list.

Varianty řešení byly vypracovány za použití metodiky TRIZ, kdy byl vytvořen model systému sedadla, který byl za pomoci trimování upraven. Z upraveného modelu byly dále vytvořeny modely tří variant možného řešení systému. Ke každé této variantě byl vytvořen také 3D model a byly zhodnoceny výhody a nevýhody řešení. V navržených variantách šlo o volbu počtu a rozmístění motorů. Dvě varianty byly s použitím dvou motorů a třetí vítězná optimální varianta zvažovala použití tří motorů. Optimální varianta řešení byla vybrána na základě výhodnosti pomocí metodiky TRIZ. Optimální varianta byla také potvrzena více kriteriální analýzou.

Návrh nového sedadla začal návrhem konstrukce a to od podstavy. Podstava byla zkonstruována jako ocelový svařenec. Nejvíce namáhaná část otočného mechanismu byla početně zkontrolována pro dosažení optimálních rozměrů a tuhosti. Následoval návrh sestavy základny, která byla značně zjednodušena s ohledem na výrobu, a bylo rozvrženo rozložení mnoha komponentů. Dále sedák a opěrák byly taktéž upraveny a zjednodušeny, hlavní změny byly provedeny ve svařencích těchto dílů. Opěrák byl osazen novým typem lordózní podpěry, s tím souvisela mírná změna tvaru desky čalounění. Podnožní díl byl převzat z novějšího sedadla podobného typu a upraven pro použití na tomto sedadle.

Následoval detailní popis navržených mechanismů, umožňujících pohyb a zajišťujících zvýšenou tuhost celé konstrukce sedadla. Mechanismus otáčení sedadla kolem svislé osy byl řešen s ohledem na maximální tuhost celého sedadla. Kloub byl složen z vnějšího prstence a hřídele, mezi ně byla nalisována dvě kuželové ložiska, která jsou svým zkosením uložena proti sobě tak, že po dotažení KM matice vznikl tuhý kloub. Aretace otočného mechanismu vůči otáčení byla vyřešena kyvnou pákovou západkou, ta při otáčení obíhá po oběhové dráze, pomocí ložiska. Ovládání západky je možno zvenčí prostřednictvím zámků za pomoci klíčky.

Dalším uzlem vyžadujícím pozornost byl kyvný spoj sedáku se základnou, který bylo potřeba vyřešit s ohledem na zvýšení tuhosti. Proto byl spoj řešen pomocí lícovaných šroubů v kluzných pouzdrech. Lícované šrouby přenášejí síly jako čepy, tudíž byly také překontrolovány na stříh a zároveň pevně stahují sedák k základně a tím zaručují tuhost spoje. Čepový spoj mezi sedákem a opěrákem byl ponechán téměř beze změn. Motory byly specificky navrženy a spočítány pro optimální funkčnost a pevnost sedadla. Krytování a čalounění bylo dle požadavků ponecháno beze změn. Veškeré výpočty a s nimi související koeficienty apod. byly prováděny dle firemní metodiky.

Jako úkoly navíc byly vyřešeny mechanismus automatického sklápění lampičky zároveň se sklápěním sedáku. Dále byla navržena a zkonstruována nová bočnice, umožňující použití výklopného ramene s monitorem.

Pro oživení sedadla byly programátorovi zadány specifikace a požadavky na software a řídicí elektroniku. Taktéž byly zadány výpočtáři informace, hodnoty a patřičně upravený model a za průběžných konzultací byla vypracována pevnostní analýza konstrukce sedadla. Analýza vyšla poměrně dobře, bylo jí zjištěno, že konstrukce není zbytečně předimenzována a ukázala konkrétní místa v konstrukci, která potřebují zesílit. Bylo také provedeno hmotnostní srovnání původního a modifikovaného sedadla, kde byla zjištěna úspora 14,48 kg na hmotnosti sedadla.

Nakonec byl vyroben plně funkční prototyp navrženého sedadla, který bude sloužit jednak k prezentaci, ale hlavně také pro vývojové testování a doladění všech prvků v konstrukci sedadla.

*Tato verze práce je veřejná, kompletní práce je dle požadavků firmy Borcad a se souhlasem vedoucího práce utajená.*

### **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucím mé diplomové práce, panu doc. Ing. Zdeňku Konečnému, Ph.D. a Ing. Adamu Hoňkovi za ochotu, užitečné rady a cenné připomínky při odborném vedení práce a firmě Borcad za umožnění řešení daného úkolu v rámci diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Pavle Paličkové za jazykovou korekturu práce. Dík patří také celé mé rodině za všestrannou podporu při studiu.



## Použité zdroje

- [1] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. Strojnické tabulky. Úvaly: Albra, 2005. 921 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [2] ŠVERCL, J.: Technické kreslení a deskriptivní geometrie. Scientia, Praha, 2003, 340 s. ISBN 80-7183-297-9.
- [3] KALÁB, Květoslav. Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací. Ostrava: VŠB– TU Ostrava, 2007. 95 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [4] Gula [online]. [cit.2017-02-04] Dostupné z: Přílohy
- [5] E-konstrukter [online]. [cit.2017-02-04] Dostupné z: <http://e-konstrukter.cz/>
- [6] Ložisko kuželové [online]. [cit.2017-02-04] Dostupné z: <http://www.elotechnik.cz/lozisko-32010-ax-cn.html#zalozka-3>
- [7] Ložisko kuličkové [online]. [cit.2017-02-04] Dostupné z: <http://www.elotechnik.cz/loziska/loziska-kulickova/jednorada/>
- [8] Koncová matice [online]. [cit.2017-02-04] Dostupné z: <http://www.elotechnik.cz/koncova-matice-km-10-cn.html>
- [9] Pojistá podložka [online]. [cit.2017-02-04] Dostupné z: <http://www.elotechnik.cz/pojistna-podlozka-mb-10-cn.html>
- [10] Lícované šrouby [online]. [cit.2017-02-15] Dostupné z: <https://www.elesaganter.cz/vyrobky/strojni-prvky/skupina/iso-7379>
- [11] Pouzdra IGUS [online]. [cit.2017-02-15] Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/aktuality/archiv/detail/article/kluzna-pouzdra-igus-hit-strojirenske-renesance.html>
- [12] Pružiny [online]. [cit.2017-02-15] Dostupné z: <http://www.essentracomponents.cz/mss/mss-pc.nsf/WebEngine?OpenAgent&cmd=query&itemdirect=y&itemdirectwildcard=y&search=1217104>

- [13] Lanko [online]. [cit.2017-02-19] Dostupné z: [https://www.kupkolo.cz/brzdove-lanko-kovys-mtb-inox-2000mm\\_z2288/](https://www.kupkolo.cz/brzdove-lanko-kovys-mtb-inox-2000mm_z2288/)
- [14] Motory Timotion [online]. [cit.2017-02-19] Dostupné z: <http://www.timotion.com/product.php?ProductID=42>
- [15] Pouzdra IGUS [online]. [cit.2017-02-22] Dostupné z: <http://www.elotechnik.cz/loziska/loziska-kulickova/jednorada/>
- [16] Pouzdra IGUS [online]. [cit.2017-02-22] Dostupné z: <http://www.elotechnik.cz/loziska/loziska-kulickova/jednorada/>

## **Přílohy**

### **Výkresová dokumentace**

Sestavný výkres	VPH-100
Podsestava podstavy	VPH-100.01
Podsestava základny	VPH-100.02
Podsestava sedáku	VPH-100.03
Podsestava opěráku	VPH-100.04

### **Textová a výpočtová dokumentace**

- Datový list motoru TiMotion TA16
- Datový list SSAB DOCOL 980CP
- Datový list oceli S355

Příloha A – výsledky pevnostní analýzy

### **Přiložené CD**

- Diplomová práce.docx
- Diplomová práce.pdf
- Výkresová dokumentace
- Katalogy a datové listy k vybraným komponentům

Veškeré přílohy jsou neveřejné.

## **Příloha A – výsledky pevnostní analýzy**

*Příloha je v neveřejném vydání.*